

# Validation study of *Polar V800* accelerometer

Estudio de validación del  
acelerómetro del *Polar V800*

---

AUTOR:  
**Adrián Hernández Vicente**

DIRECTORES:  
**Dra. Nuria Garatachea Vallejo<sup>1</sup>**  
**Dr. Alejandro Santos Lozano<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de fisiatría y enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Universidad de Zaragoza, Huesca, España.  
<sup>2</sup> Instituto de investigación del Hospital 12 de Octubre ("i+12"), Madrid, España.

FECHA:  
**07/09/2015**

## ABSTRACT

**Background:** The correct quantification of physical activity (PA) and energy expenditure (EE), in daily life is an important target of both researchers and professionals.

**Objectives:** The aim of this paper was to study the validity of *Polar V800* for the quantification of PA and the estimation of EE regarding *ActiGraph (ActiTrainer)* in healthy young adults.

**Methods:** A convenience sample of 18 Caucasian subjects (50% women) aged between 19-23 years wore an *ActiTrainer* on the right hip and a *Polar V800* on the preferred wrist during 7 days. Paired samples *T*-tests were used to analyze differences in outcomes between devices, and Pearson's correlation coefficients to examine the correlation between outcomes. The agreement was studied using the Bland-Altman method. Also, the association between the difference and the magnitude of the measurement (Heteroscedasticity) was examined. Sensitivity, specificity and area under the Receiver Operating Characteristic Curve (ROC-AUC value) were calculated to evaluate the ability of the devices to accurately define a person who fulfills the recommendation of 10000 daily steps.

**Results:** The devices significantly differed from each other on all outcomes ( $P<0.05$ ), except for *V800*'s alerts vs. *ActiTrainer*'s 1 hour sedentary bouts ( $P=0.595$ ) and *V800*'s walking time vs. *ActiTrainer*'s lifestyle time ( $P=0.484$ ). Heterocedasticity analyses were significant for all outcomes, except for Kcal and Sitting time. The ROC-AUC value was fair ( $0.781\pm0.048$ ) and the sensitivity and specificity were 98% and 58%, respectively.

**Conclusion:** The *Polar V800* accelerometer has a comparable validity to the use of the accelerometer as a reference standard assessing in free-living: “1 hour sedentary bouts” and “*V800*'s walking time vs. *ActiTrainer*'s lifestyle time” in young adults. However, the principal practical application of this paper is the extraction of limitations, which will allow more conclusive results in future *Polar V800*'s validation studies.

**MeSH:** Accelerometry, physical activity, energy expenditure, validity, young adults.

## RESUMEN

**Introducción:** La correcta cuantificación de la actividad física (AF) y el gasto energético (GE) en la vida diaria es un objetivo importante para investigadores y profesionales.

**Objetivos:** El objetivo del presente estudio fue estudiar la validez del *Polar V800* para la cuantificación de la AF y la estimación del GE respecto al acelerómetro *ActiGraph (ActiTrainer)* en adultos jóvenes sanos.

**Métodos:** Una muestra de conveniencia de 18 sujetos caucásicos (50% mujeres) entre 19-23 años llevaron puesto el *ActiTrainer* en la cadera derecha y el *Polar V800* en la muñeca deseada durante 7 días. Los *T-Test* de muestras relacionadas se usaron para analizar las diferencias entre los resultados de los dispositivos, y los coeficientes de correlación de Pearson para examinar la correlación entre resultados. El acuerdo fue estudiado usando el método Bland-Altman. Además, la asociación entre la diferencia y la magnitud de la medición (Heterocedasticidad) fue examinada. La sensibilidad, especificidad y el área bajo la curva ROC (ROC-AUC) fueron calculadas para evaluar la capacidad de los dispositivos para definir de forma precisa a una persona que cumple la recomendación de 10000 pasos diarios.

**Resultados:** Los dispositivos difirieron significativamente uno de otro para todas las variables ( $P<0.05$ ) excepto para las Alertas del *V800* vs. 1 hora sedentario del *ActiTrainer* ( $P=0.595$ ) y Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer* ( $P=0.484$ ). Los análisis de heterocedasticidad fueron significativos para todas las variables, menos para las Kcal y el Tiempo sentado. El ROC-AUC value fue razonable ( $0.781\pm0.048$ ) la sensibilidad y la especificidad fueron del 98% y 58% respectivamente.

**Conclusión:** El acelerómetro del *Polar V800* tiene una validez comparable al uso del acelerómetro como referencia estándar en la medición en la vida diaria de: “Periodos sedentarios de 1 hora” y de “Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer*” en adultos jóvenes. Sin embargo, la principal aplicación práctica de este documento es la extracción de limitaciones, que permitirán obtener resultados más concluyentes en futuros estudios de validación del *Polar V800*.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVO .....	4
3. MÉTODOS .....	4
3.1. Sujetos .....	4
3.2. Diseño experimental .....	5
3.3. Mediciones .....	5
3.3.1. Mediciones antropométricas .....	5
3.3.2. Medición de la AF .....	5
3.3.2.1. <i>ActiTrainer</i> : acelerómetro de referencia .....	5
3.3.2.2. <i>Polar V800</i> .....	6
3.4. Análisis estadístico .....	7
4. RESULTADOS .....	7
5. DISCUSIÓN .....	9
6. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO .....	11
7. CONCLUSIONES .....	13
8. TABLAS .....	14
Tabla 1. Características descriptivas de los sujetos .....	14
Tabla 2. Variables comparadas entre ambos dispositivos .....	15
Tabla 3. Resultados del <i>Polar V800</i> y el <i>ActiTrainer</i> para la semana completa (media $\pm$ DE) ..	16
Tabla 4. Resultados del <i>Polar V800</i> y el <i>ActiTrainer</i> para los días entre semana (media $\pm$ DE) ..	17
Tabla 5. Resultados del <i>Polar V800</i> y el <i>ActiTrainer</i> el fin de semana (media $\pm$ DE) .....	18
Tabla 6. Resultados de Bland-Altman para la semana completa .....	19
Figura 1. Resultados de Bland-Altman para la semana completa .....	20
Tabla 7. Resultados de Bland-Altman para los días entre semana .....	21
Figura 2. Resultados de Bland-Altman para los días entre semana .....	22
Tabla 8. Resultados de Bland-Altman para el fin de semana .....	23
Figura 3. Resultados de Bland-Altman para el fin de semana .....	24
9. CONFLICTOS DE INTERESES .....	25
10. AGRADECIMIENTOS .....	25
11. REFERENCIAS .....	26

## LISTADO DE ABREVIATURAS

- AF: Actividad física
- CPM: Counts por minuto
- r<sub>p</sub>: Coeficiente de correlación de Pearson
- DE: Desviación estándar
- EC: Enfermedades coronarias
- GE: Gasto energético
- GEA: Gasto energético producido como consecuencia de la ingesta de alimentos
- GEAF: Gasto energético asociado a la actividad física
- GET: Gasto energético total
- GPS: Sistema de posicionamiento global (*Global Positioning System*)
- IMC: Índice de masa corporal
- ISAK: Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría  
(*International Society for the Advancement in Kinanthropometry*)
- LOA: Límites de acuerdo al 95% (Limits of agreement at 95%)
- MBR: Metabolismo basal en reposo
- MC: Masa corporal
- MEEFS: Máster en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud
- ROC-AUC: Área bajo la curva ROC (*Area under the Receiver Operating Characteristic Curve*)

## JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PROYECTO

La cuantificación de la *actividad física* (AF) en la población es esencial en el ámbito del ejercicio físico y la salud, tanto para la investigación, como a nivel profesional (Ej. Para monitorizar los progresos de una intervención, motivar hacia metas en programas de ejercicio físico o para encontrar relaciones entre AF y salud) Tal es su relevancia que el *Máster en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud* (MEEFS) de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte de la Universidad de Zaragoza en el campus de Huesca (España) incluye la cuantificación de los niveles de AF en la población, como uno de los perfiles de salida profesional de sus estudiantes.

Debido a su importancia, esta temática queda reflejada en repetidas ocasiones entre los objetivos y competencias del MEEFS. Además está incluida como una de las posibles líneas de investigación para la realización del trabajo fin de máster. A continuación se señalan algunas de las competencias específicas que el proyecto permitirá aplicar:

- *Plantear proyectos de investigación de forma metodológicamente adecuada a los objetivos, recursos y contexto social en el que vayan a desarrollarse.*
- *Emplear estrategias de excelencia, ética y calidad en la tarea investigadora y ejercicio profesional en el ámbito de la AF para la Salud, siguiendo las recomendaciones de la Declaración de Helsinki y la Ley 14/2007 y posteriores actualizaciones de Investigación Biomédica.*
- *Controlar las distintas alternativas metodológicas que se pueden aplicar en el marco de la AF orientada hacia la salud.*
- *Extraer y analizar adecuadamente la información de textos científicos en el marco de las Ciencias de la AF, valorando su posible vinculación al ámbito de la Salud.*
- *Realizar búsquedas bibliográficas optimizadas en el ámbito de la AF orientada hacia la salud, seleccionando de forma estratégica la información más relevante para el objeto de la investigación: finalidad de la intervención, grupos de población, metodología de la intervención.*
- *Defender, a través de la exposición oral, un trabajo de investigación vinculado a la valoración y recomendación del ejercicio físico para la salud ante un tribunal, utilizando preferentemente TICs.*

- Ser capaz de utilizar metodologías avanzadas en el análisis del GE y de la composición corporal como Acelerómetros, Metabolímetro, DXA, Pletismógrafo, BIA.
- Ser capaz de diferenciar y llevar a cabo las diferentes técnicas de análisis de datos necesarias para dar respuesta a las preguntas de investigación en los distintos ámbitos científicos de las ciencias de la AF y la salud.

Por otra parte, este proyecto me parecía muy interesante a nivel personal porque pienso que puede ser muy útil en mi futuro profesional, ya que los acelerómetros son sensores para la cuantificación del movimiento que los fabricantes de tecnología deportiva cada vez están integrando más en sus productos. Actualmente ya están siendo muy utilizados en el ámbito del entrenamiento personal y su uso se está incrementando notablemente desde hace años. También es una temática cautivadora si atiendo a mi faceta de atleta, dado que el proyecto supone trabajar con un producto (*Polar V800*) que encabeza la vanguardia tecnológica al proporcionar al usuario una nueva herramienta para tener un mayor control sobre su entrenamiento físico. Asimismo supone un apasionante reto abordar el estudio de validación de dicho producto.

Sin embargo, por último, cabe decir que esta no fue mi primera opción de trabajo fin de máster ya que desde principio de curso estuve trabajando en un proyecto sobre los “Efectos del nivel de AF sobre la longitud de los telómeros como marcador del envejecimiento en personas con síndrome de Down”, desafortunadamente tras realizar las diferentes mediciones planificadas (Acelerometría, antropometría y frotis de epitelio bucal) hubo problemas en el análisis de la longitud telomérica , por lo que la primera idea de TFM no pudo finalizarse con éxito al no disponer de todos los datos previstos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El *gasto energético total* (GET) es normalmente descrito como la suma de tres componentes: (i) el *metabolismo basal en reposo* (MBR), que es la cantidad mínima de energía requerida para el desarrollo de las funciones fisiológicas en reposo y está determinado, entre otros, por varios factores como la edad, el género o la composición corporal (1, 2); (ii) el *gasto energético producido como consecuencia de la ingesta de alimentos* (GEA), que se define como el gasto energético requerido para digerir y asimilar los alimentos; y (iii) el *gasto energético asociado a la actividad física* (GEAF). Hay varios dominios que contribuyen al GEAF (Ej. Deporte, transporte, trabajo, tiempo libre, actividades del hogar y cuidado personal) y está influido principalmente por la intensidad y la duración de la AF, por el peso corporal y por la eficiencia en el movimiento del sujeto (3). Para un individuo no deportista, se estima que el MBR es el principal componente, representando entre el 60-70% del GET, el porcentaje atribuido al GEA es aproximadamente un 10% y el restante 20-30% corresponde al GEAF, siendo la fuente más importante de variación del GET entre individuos (4).

Desde mediados del pasado siglo la relación entre la salud y el GEAF ha sido ampliamente estudiada (5). La AF regular ha sido asociada con numerosos beneficios físicos y psicológicos: menor riesgo de desarrollar *enfermedades coronarias* (EC), accidente cerebrovascular, diabetes tipo 2 o cáncer (Ej. colon o mama) (6). Además, mejora los niveles de presión sanguínea, el perfil lipoprotéico, la proteína C-reactiva y otros biomarcadores de EC, aumenta la sensibilidad de la insulina y juega un importante papel en el control del peso (6). La AF también puede prevenir y mejorar los síntomas de trastornos depresivos leves y moderados y de la ansiedad (7). Asimismo, un estilo de vida activo aumenta los sentimientos de “energía”, bienestar, calidad de vida, y función cognitiva y está asociado con un menor riesgo de deterioro cognitivo y demencia (8). Además es particularmente relevante para los ancianos ya que el ejercicio preserva la masa ósea y reduce el riesgo de caídas (9). Se ha puesto en relieve que la fracción de muertes por cualquier causa atribuibles a la baja condición física es muy superior a la de otros factores de riesgo como la obesidad, tabaquismo, hipertensión, colesterol o diabetes (10). Además, ha sido estimado que la eliminación de la inactividad física incrementaría la esperanza de vida de la población mundial 0.68 años (11).

Se conoce que existe una relación dosis-respuesta entre la esperanza de vida y la cantidad de AF (12), de hecho, la población general que realiza  $\geq 450$  min de AF semanal tiene una mayor esperanza de vida que los que no la hacen (13). También se ha observado que los atletas profesionales tienen menor riesgo de enfermedades que la población general (14). Respecto a la intensidad de la AF y su relación con la salud, no está claro cuál es más efectiva para un determinado *gasto energético* (GE) (15), aunque algunos estudios parecen señalar los beneficios de la alta intensidad (16, 17) y, sin duda, mediante estas actividades el mismo GE se alcanzará en un tiempo menor (18). En cuanto a los diferentes subdominios de la AF, la literatura muestra que la AF relacionada con el ejercicio durante el tiempo libre tiene la mejor asociación inversa con el riesgo de mortalidad (19). Además, las mejoras pueden ser obtenidas también mediante sesiones de muy corta duración (20, 21).

Por otra parte, señalar que no es suficiente con cumplir las recomendaciones de AF para tener una buena salud metabólica (22), sino que también hay que tener en cuenta los comportamientos sedentarios puesto que están relacionados independientemente con: toda causa de muerte, mortalidad e incidencia por EC, mortalidad e incidencia por cáncer, diabetes tipo 2 y biomarcadores cardio-metabólicos empeorados (23, 24). Los cambios conductuales en el comportamiento son susceptibles de modificar el GEAF y por lo tanto el GET, conocer el GET es esencial en las ciencias del ejercicio y usar un método válido y fiable de medición de la AF (tipo, duración, frecuencia e intensidad) permitirá establecer relaciones más precisas entre AF y salud, así como evaluar de una forma más efectiva la eficacia de intervenciones de AF (4). Los métodos de medición del GE incluyen la calorimetría directa, el agua doblemente marcada y la calorimetría indirecta, los cuales son considerados métodos de referencia para la validación de otros métodos, sin embargo, son muy caros y costosos a la hora de aplicar a una gran muestra (25). No obstante, sin tener en cuenta los anteriores, los métodos de medición de la AF se pueden clasificar en métodos subjetivos y métodos objetivos (26). Los métodos subjetivos (cuestionarios, diarios de actividad y entrevistas) son fácilmente aplicables para categorizar en estudios epidemiológicos, pero su validez es limitada debido a la influencia de la interpretación y la memoria del sujeto (27). En cambio, los métodos objetivos proporcionan información de la AF del sujeto a través de la cuantificación del movimiento realizado por un dispositivo electrónico, como pueden ser los podómetros o los acelerómetros. Los podómetros se caracterizan por su simplicidad, confort y bajo coste, pero su validez al estimar el GE es limitada ya que solamente registran el número de pasos durante actividades ambulatorias, algunas de sus limitaciones son

resueltas por los acelerómetros, capaces de registrar intensidad, duración y frecuencia de la AF (25).

Los acelerómetros son sensores de movimiento que cuantifican la dirección y la magnitud de la aceleración corporal del centro de masas mediante un sensor, normalmente piezo-eléctrico, y microprocesadores (28). Pueden ser clasificados de acuerdo al número de ejes en los que registran el movimiento (uni-axiales, bi-axiales y tri-axiales) y según el tipo de sensor piezo-eléctrico: “*Cantilever beam*” (una masa en el extremo del sensor piezo-eléctrico causa su deformación y este graba una señal de voltaje proporcional a la aceleración; el sensor es más sensible en el plano de flexión, aunque también puede registrar deformaciones en otros planos, por lo que se le denomina omnidireccional) o “*Integrated chip sensor*” (la masa se sitúa directamente sobre el sensor piezo-eléctrico que detecta su aceleración) (29). Los acelerómetros pueden colocarse en diferentes partes del cuerpo como la cadera, la muñeca o el tobillo siguiendo las instrucciones del fabricante; la aceleración registrada se graba en unas unidades adimensionales llamadas “*counts*” y se almacena según la frecuencia de muestreo (“*epoch*”) seleccionada (28). Su uso en humanos fue propuesto por primera vez en los años 50 (30), y debido a su objetividad, peso y portabilidad se han convertido en una técnica muy popular en la investigación en AF (3), por lo que en la actualidad puede encontrarse una gran variedad de dispositivos, siendo la marca comercial *ActiGraph* una de las más utilizadas y reconocidas en investigación (31). Sin embargo, los acelerómetros no están libres de limitaciones pues no identifican el movimiento de todos los segmentos corporales, no detectan el ejercicio estático, la pendiente del terreno o si el sujeto trabaja contra una resistencia (4). Aunque, por otro lado, permiten conocer los patrones y niveles de AF, así como estimar el GE a partir de modelos matemáticos introduciendo distintos parámetros como son la *masa corporal* (MC), la altura, la edad o el sexo (29). Además, presentan una alta fiabilidad intra e inter-instrumento (32), incluso ligeramente superior que la mayoría de cuestionarios de AF y sedentarismo (Coeficiente de correlación intraclass del Test-retest: 0.77-0.90 vs. 0.59-0.84) (33). Dos recientes revisiones han mostrado una moderada validez de los acelerómetros (58 modelos diferentes): las correlaciones agrupadas respecto al agua doblemente marcada fueron 0.39 GEAF y 0.52 GET para los dispositivos uni-axiales 0.59 GEAF y 0.61 GET para los tri-axiales (34, 35). Como término medio, los acelerómetros uni-axiales infra estiman el GEAF un 24% y el GET un 12%, mientras que los dispositivos tri-axiales infra estiman el GEAF un 21% y el GET un 7% (35). Los valores absolutos de las diferencias entre los cuestionarios y el

agua doblemente marcada estimando el GEAF y el GET fueron de 32% y 23% respectivamente (36).

Por último, cabe mencionar los dispositivos que combinan diversos sensores y registran al mismo tiempo distintas variables como pueden ser la frecuencia cardiaca, la aceleración, la posición (GPS), temperatura corporal, ritmo y cadencia de carrera, potencia de pedaleo o respuesta galvánica de la piel para intentar conseguir una mejor estimación del GE (27). Sin embargo, estos nuevos dispositivos, de reciente incorporación al mercado, todavía requieren estudios de validación respecto a métodos de referencia. Un ejemplo que irrumpió en el mercado en 2014, es el *Polar V800*, capaz de registrar acelerometría, frecuencia cardiaca, posición y velocidad (GPS). Dicho dispositivo pertenece a la renombrada marca finlandesa Polar Electro, la cual es una de las líderes del sector desde que en 1983 lanzara al mercado el primer pulsómetro sin cables (37). Por ello, es necesaria la validación de un instrumento que es usado por miles de personas en el ámbito del entrenamiento personal y salud (8, 10, 11). Así mismo, puesto que la acelerometría es un método válido para la medición de AF en condiciones de vida diaria (36), tiene también una gran importancia para el campo de la investigación.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue estudiar la validez del *Polar V800* para la cuantificación de la AF y la estimación del GE respecto al acelerómetro ActiGraph (*ActiTrainer*) en adultos jóvenes sanos.

## 3. MÉTODOS

### 3.1. Sujetos

La recogida de datos fue realizada en Aragón (España) desde el 05/12/2014 hasta 26/04/2015. La muestra de conveniencia consistió 22 sujetos caucásicos sanos, de los cuales 18 sujetos (50% mujeres) de una edad comprendida entre 19 y 23 años (media  $21.0 \pm 1.2$  años, ver **Tabla 1**) cumplieron los criterios de inclusión para el análisis. En todo momento la fase experimental se llevó a cabo bajo las normas éticas derivadas del Código Deontológico Médico español y de la Declaración de Helsinki sobre ensayos clínicos en humanos de 1974 (última modificación en 2013) (38). Además, previamente a la realización del estudio se obtuvo un consentimiento informado de cada sujeto.

### 3.2.Diseño experimental

Se pidió a los sujetos, a través de instrucciones verbales y escritas, que llevaran puestos ambos dispositivos desde el momento en el que se despertaban hasta la hora de dormir para que toda la AF física diaria fuera registrada. Además, se les indicó que ambos dispositivos debían de ser retirados durante la realización de actividades acuáticas con el objetivo de prevenir daños en el *ActiTrainer* ya que no es sumergible. Por último, se solicitó a los sujetos que anotaran en un diario que se les proporcionó la hora a la que se colocaban los dispositivos por la mañana y a la que los retiraban por la noche, así como los períodos de tiempo que se los quitaban a lo largo del día.

### 3.3.Mediciones

#### 3.3.1. Mediciones antropométricas

La MC fue medida con el sujeto en ropa interior usando una báscula electrónica (0.1 Kg). La talla se midió descalzado al 0.1 cm más cercano mediante un estadiómetro portátil siguiendo los procedimientos de la *Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)* y el índice de masa corporal (IMC) fue calculado dividiendo la MC (Kg) por la talla al cuadrado ( $m^2$ ).

#### 3.3.2. Medición de la AF

Los sujetos llevaron de forma simultánea el *Polar V800* y el *ActiTrainer* durante 7 días consecutivos para registrar información de los patrones de AF en días entre semana y el fin de semana (39). Las variables obtenidas por ambos dispositivos pueden observarse en la **Tabla 2**.

#### 3.3.2.1. *ActiTrainer*: acelerómetro de referencia

El acelerómetro *ActiTrainer*, que pertenece a la marca comercial *ActiGraph*, está rodeado por una protección de metal y recubierto por una cobertura de plástico de  $8.6 \times 3.3 \times 1.5$  cm, pesa unos 53 gr y funciona gracias a una batería de litio de 3V. Tiene un rango dinámico de 0.25-2.5 G y una frecuencia de muestreo de 30 Hz, midiendo la aceleración en el eje Y de manera omnidireccional (40). El dispositivo se colocó en la cadera derecha por medio de un cinturón elástico ajustado para asegurar el contacto con el cuerpo y se programó para registrar la AF en epochs de 15 s que después fueron reintegrados a epochs de 60 s. Además, también se seleccionaron los modos “Contar pasos” y “Doble eje”.

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante el software Actifile, versión 6.5.4 (Actigraph, LLC, Pensacola, FL). La clasificación de los intervalos en los que el acelerómetro se llevó puesto se realizó con el algoritmo de Choi (Umbral de cero *counts* para el intervalo en que no se llevaba puesto; Intervalos de 90 min para los *counts* consecutivos iguales/no iguales a cero; Y tolerancia de 2 min de intervalo de *counts* distintos de cero en ventanas de 30 min de 0 *counts* consecutivos para la detección de movimientos artefactuales) (41). Asimismo, se establecieron 10 horas como el mínimo necesario para considerar un día como válido (42) y un mínimo de 5 días válidos, uno de ellos en fin de semana (43, 44), para que el sujeto fuera incluido en el análisis (39, 43). Los puntos de corte propuestos por Freedson (45) fueron usados para estimar los niveles de AF en función de la intensidad de esta en: sedentaria (0-99 *counts por minuto* (CPM)), ligera (100-759 CPM), vida diaria (760-1951 CPM), moderada (1952-5724 CPM), vigorosa (5725-9498 CPM) y muy vigorosa (>9499 CPM) (46), la selección de los puntos de corte es subjetiva, en este caso se eligieron los de Freedson ya que su muestra (25 hombres,  $24.8 \pm 4.2$  años, y 25 mujeres,  $22.9 \pm 3.8$  años) era similar a la estudiada. Por último, <100 CPM fue definido como comportamiento sedentario (47), y fueron calculados los períodos sedentarios de 10 minutos y de 1 hora.

La estimación del GE en  $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$  del *ActiTrainer* fue calculada usando la ecuación combinada especificada en el manual de usuario de Actilife (48). Para ello se utilizó el teorema de Trabajo-Energía cuando la actividad no superaba el umbral de 1952 CPM [ $\text{GE } (\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}) = 0.0000191 \cdot \text{CPM} \cdot \text{MC } (\text{kg})$ ]; y la ecuación de Freedson cuando los *counts* eran superiores a 1952 CPM [ $\text{GE } (\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}) = 0.00094 \cdot \text{CPM} + (0.1346 \text{ MC } (\text{kg}) - 7.37418)$ ].

### 3.3.2.2. *Polar V800*

El *Polar V800* tiene un tamaño de  $37 \times 56 \times 12.7$  mm y pesa 79 gr, funciona gracias a una batería de litio recargable de 350 mAh. Hace un seguimiento de las actividades fuera de las sesiones de entrenamiento por medio de un acelerómetro tri-axial que graba los movimientos de la muñeca y da como resultados: GE (Kcals), alertas de sedentarismo, AF (tiempo tumbado, tiempo sentado y tiempo activo –de pie, andando y corriendo–) y número de pasos. La muñeca en la que se colocó el dispositivo se dejó a elección del sujeto.

La longitud del *epoch*, la definición de tiempo en el que el acelerómetro se lleva puesto, los puntos de corte y la ecuación usada para la estimación del GE del *Polar V800* están prefijados por el fabricante, no indicándolo en el manual (49), por lo que son datos desconocidos.

### 3.4. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con IBM SPSS (v.20 para Windows, Chicago, IL, USA). Se determinó  $P \leq 0.05$  como nivel de significación.

El *T-test* de muestras relacionadas se utilizó para analizar diferencias significativas de las variables entre dispositivos, **Tabla 2**. El coeficiente de correlación de Pearson ( $r_p$ ) fue calculado para observar la correlación entre los resultados, definiéndose como 0.9–1 una correlación muy alta, como 0.7–0.9 una correlación alta, como 0.5–0.7 una correlación moderada, como 0.3–0.5 una correlación baja y como 0–0.3 una correlación insignificante (50). La concordancia entre dispositivos fue examinada calculando las BIAS, *desviación estándar* (DE) de las BIAS y *Límites de acuerdo al 95%*: (LOA) para cada Bland-Altman (51). Además, se examinó la asociación entre la diferencia y la magnitud de la medición (Heterocedasticidad), insertando como variable dependiente la diferencia entre el valor de la medición para el *V800* y el valor para el *ActiTrainer*, y como variable independiente el valor medio [(Valor para el *V800* + Valor para el *ActiTrainer*)/2].

Por último, se calculó la sensibilidad, la especificidad y el área *bajo la curva ROC* (ROC-AUC) para evaluar la capacidad de los dispositivos de definir con precisión a una persona que cumple la recomendación de 10000 pasos diarios (52). Una clasificación perfecta está representada por un ROC-AUC de 1, mientras que la completa ausencia de clasificación se representa por un ROC-AUC de 0.5, los valores  $\geq 0.90$  se consideran excelentes, los valores entre 0.80 - 0.90 son buenos, entre 0.70 - 0.80 son valores medios y  $< 0.70$  se consideran pobres (53).

## 4. RESULTADOS

Las características descriptivas de los sujetos se muestran en la **Tabla 1**. No hubo diferencias significativas en la edad, género, altura, peso ni IMC entre los 18 sujetos incluidos en el estudio y los 4 que fueron excluidos. Los sujetos llevaron el

*ActiTrainer* y el *Polar V800* una media de  $874.65 \pm 10.76$  min y un rango de 600–1222 min·día<sup>-1</sup>.

Los resultados del *T-test* se muestran en la **Tabla 3**. Las Alertas del *V800* vs. 1 hora sedentario del *ActiTrainer* ( $P=0.595$ ) y el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer* ( $P=0.484$ ) no eran estadísticamente diferentes, aunque el resto de variables sí que presentaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre métodos. Las Alertas del *V800* vs. 1 hora sedentario del *ActiTrainer* ( $P=0.456$ ) y el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer* ( $P=0.920$ ) también fueron las únicas variables no diferentes significativamente cuando fueron comparados los días entre semana (**Tabla 4**). Sin embargo, cuando se compararon solamente los días de fin de semana, las Alertas del *V800* vs. 1 hora sedentario del *ActiTrainer* ( $P=0.875$ ), el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer* ( $P=0.296$ ), el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Moderado del *ActiTrainer* ( $P=0.839$ ), el Tiempo activo no vigoroso ( $P=0.219$ ) y el Tiempo activo vigoroso ( $P=0.077$ ) no fueron estadísticamente diferentes (**Tabla 5**).

Los  $r_p$  durante toda la semana (**Tabla 3**) muestran que hubo una correlación muy alta (0.9–1) entre los Pasos medidos por ambos dispositivos; que hubo una correlación alta (0.7–0.9) para el Tiempo activo, el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Moderado del *ActiTrainer*, y el Tiempo activo no vigoroso; y una correlación moderada (0.5–0.7) para las Kcal MBR del *V800* vs. Kcal del *ActiTrainer*, el Tiempo sentado, y el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer*. Al dividir los resultados en días entre semana y días de fin de semana, la tendencia es similar (**Tablas 4 y 5**).

Los resultados del análisis Bland-Altman (BIAS, DE de las BIAs y *Límites de acuerdo al 95%: LOA*) se muestran en las **Figuras 1-3** y en las **Tablas 6-8**. Los análisis de heterocedasticidad muestran una correlación positiva y significativa entre la diferencia y el valor medio para todas las variables, excepto para las Kcal del *V800* vs. Kcal del *ActiTrainer* ( $P=0.868$ ) y para el Tiempo sentado ( $P=0.616$ ) (**Tabla 6**). Tal y como se puede ver en las **Tablas 7 y 8** los resultados eran similares cuando se comparan los días entre semana o los días en fin de semana, con la única excepción de que en el fin de semana tampoco se encontró correlación significativa para el Tiempo activo no vigoroso ( $P=0.059$ ). En resumen, excepto para las variables anteriormente mencionadas, se encontraron evidencias de “heterocedasticidad” entre

los dispositivos, es decir, la diferencia entre métodos aumenta a medida que aumenta la magnitud de la variable.

En relación al *ActiTrainer*, la capacidad del *Polar V800* de definir de forma precisa a una persona que cumple las recomendaciones de 10000 pasos diarios fue razonable (ROC-AUC:  $0.781 \pm 0.048$ ;  $P < 0.001$ ; LOA=0.687-0.874). Además, la sensibilidad y la especificidad fueron del 98% y del 58%, respectivamente.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo muestran que el *Polar V800* estima de manera similar al acelerómetro *ActiGraph ActiTrainer* períodos sedentarios de 1 hora y que el tiempo dedicado a caminar según el *Polar V800* es semejante al dedicado en actividades comprendidas justo por debajo de 3 METs (definidos por Freedson como intensidades realizadas en la Vida diaria) en adultos jóvenes (46). Sin embargo, el *Polar V800* no estimó de forma precisa el resto de variables: GET (Kcal), Tiempo sentado, Tiempo activo, Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo moderado del *ActiTrainer*, Tiempo activo no vigoroso, Tiempo activo vigoroso y Pasos.

Los resultados proporcionados por un acelerómetro dependen de varios factores: marca, modelo, lugar en el que es colocado, longitud del *epoch*, definición de tiempo en que el acelerómetro se lleva puesto, definición de día válido, número de días de monitorización, puntos de corte, uso y definición de períodos de actividad, versión de firmware, tratamiento de datos falsos, o la reintegración de *epoch* en *epoch* mayores (36). Algunas de las variables previamente mencionadas como la longitud del *epoch*, la definición de tiempo que el acelerómetro se lleva puesto, los puntos de corte, la reintegración de *epoch* en *epoch* mayores o la fórmula usada para la estimación del GE son prefijados por el fabricante del *Polar V800*; además estas configuraciones no son conocidas por el investigador, lo que hace complejo comparar los resultados del *Polar V800*.

El GE estimado por el *Polar V800* fue significativamente superior que el del *ActiTrainer* ( $P < 0.001$ ), el origen de esta diferencia probablemente sea de carácter multifactorial. En primer lugar el tiempo medio que se llevaron puestos ambos acelerómetros fue significativamente diferente ( $P < 0.001$ ) habiéndose llevado el *ActiTrainer* una media de 218.89 minutos menos que el *Polar V800*, esta diferencia se debe probablemente a varias causas, entre las que podemos encontrar que el *Polar*

*V800* es más cómodo y por ello los sujetos lo llevan más tiempo (54); además en contra de las instrucciones, algunos sujetos llevaron el *Polar V800* puesto para dormir y para las actividades acuáticas. Por otra parte el *Polar V800* clasifica algún tiempo que no ha sido llevado en la muñeca como tiempo tumbado en lugar de como tiempo no utilizado, debido a que no tiene sensores galvánicos que detecten cuando está colocado. En segundo lugar, la literatura muestra que los acelerómetros tri-axiales infraestiman el GET un 5% menos que los uni-axiales (34, 35), lo que sigue la línea de nuestro estudio ya que el *Polar V800* es tri-axial y el *ActiTrainer* uni-axial (omnidireccional). Por último, hay que tener en cuenta, que para los sujetos que grabaran sesiones de entrenamiento, el *Polar V800* utilizó la información del GPS y la banda de frecuencia cardiaca para estimar de forma más precisa el GE. Estas causas explican porque la correlación para esta variable ( $r_p=0.483$ ) ha sido inferior a la encontrada ( $r_p=0.71-0.9$ ) por un reciente estudio entre otros monitores de uso cotidiano (Fitbit Flex, Jawbone UP 24, Misfit Shine, Nike+Fuelband SE y Polar Loop) y dispositivos de investigación (Actigraph GT3X+ y BodyMedia Core) en comparación con la calorimetría indirecta (55). Aunque la correlación fue baja para esta variable, se observó homocedasticidad ( $P=0.868$ ) por lo que la diferencia entre métodos permanece constante, lo que probablemente se explique por el hecho de que cada dispositivo estima el GE a partir de su propia fórmula.

En cuanto a las alertas de sedentarismo, no se observaron diferencias significativas entre las alertas de inactividad del *Polar V800* y los períodos sedentarios de 1 hora del *ActiTrainer* ( $P=0.595$ ), por lo que ambos dispositivos podrían ser válidos para la medición de estos importantes indicadores de patrones sedentarios. Asimismo, el *Polar V800* puede ser una excelente herramienta para modificar los largos períodos de sedentarismo anteriormente mencionados, tan negativos para la salud, puesto que mediante vibración y un mensaje en la pantalla, avisa al usuario cuando éste pasa demasiado tiempo sentado (23, 56).

Respecto al tiempo en cada zona de intensidad de AF, se observaron diferencias significativas para todas las variables menos para el Tiempo andando del *V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer* ( $P=0.484$ ). Sin embargo a nivel teórico, incluso esto parece una coincidencia ya que: (i) ambos dispositivos utilizan diferentes puntos de corte Ej. Andar, de acuerdo con los puntos de corte de Freedson debería situarse en un nivel “Moderado” (1952-5724 CPM) o “Vigoroso” (5725-9498 CPM) (46, 57, 58). (ii) Igualmente, tal y como ha sido discutido previamente, el tiempo que se llevaron puestos los dos dispositivos no fue el mismo. Pese a ello, la correlación

mostrada en el Tiempo activo no vigoroso ( $r_p=0.847$ ) es similar a la encontrada en otros estudios entre otros dispositivos de uso cotidiano (Fitbit One, Fitbit Zip, Jawbone UP, Misfit Shine, Nike Fuelband, Striiv Smart y Withings Pulse) y acelerómetros de investigación (BodyMedia SenseWear, y ActiGraph GT3X+) ( $r_p=0.52-0.91$ ) (59).

Los pasos grabados por ambos dispositivos fueron significativamente diferentes ( $2487\pm2293$  pasos;  $P<0.001$ ). El *ActiTrainer* fue validado para la medición de pasos en una población similar a la estudiada (60), por lo que podría pensarse que el *Polar V800* no sea válido para la medición de pasos, pero no se puede olvidar, que el tiempo que los sujetos llevaron puestos los dispositivos no fue el mismo. Además, aunque indicó heterocedasticidad ( $P<0.001$ ), la correlación entre los pasos de los 2 métodos evaluados fue muy alta ( $r_p=0.904$ ), de un modo semejante al mostrado por otros dispositivos de uso cotidiano (Fitbit One, Fitbit Zip, Jawbone UP, Misfit Shine, Nike Fuelband, Striiv Smart y Withings Pulse) en relación a otros acelerómetros de investigación (BodyMedia SenseWear,y ActiGraph GT3X+) ( $r_p>0.8$ ) (59)

Finalmente, fue estudiada la capacidad del *Polar V800* de clasificar de forma precisa a un individuo que cumple las recomendaciones de 10000 pasos diarios, en comparación al *ActiTrainer* como referencia. El 98% de los casos que las satisfacían, fue clasificado como que las cumplía (sensibilidad), el 58% de los casos que incumplía las recomendaciones fue clasificado como que no las cumplía (especificidad) y el valor ROC-AUC fue razonable ( $0.781\pm0.048$ ). Los resultados presentados seguramente se deban al tiempo que los sujetos llevaron los acelerómetros, puesto que al llevar el *Polar V800* más tiempo, la probabilidad de cumplir las recomendaciones según este dispositivo era mayor.

## 6. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO

La principal limitación del estudio fue el uso de la acelerometría como método de referencia estándar en lugar utilizar otros métodos considerados *gold estándar* como son la calorimetría directa, la calorimetría indirecta portátil o el agua doblemente marcada (34, 35), aunque más caros y complejos de aplicar (25).

En primer lugar, el tiempo que los dispositivos fueron llevados no fue el mismo, el valor  $P$  para el *T-Test* de muestras relacionadas fue  $<0.05$ , indicando que la diferencia media entre el tiempo que llevaron el *ActiTrainer* y el *Polar V800* (-218.89min) fue estadísticamente significativa. Una posible solución a este problema podría ser fragmentar ambas grabaciones y comparar únicamente los intervalos que

coincidan para ambos dispositivos (40), pero *Polar* solamente aporta resultados del día completo, por lo que esto podría realizarse de forma manual pidiendo a los sujetos que anotaran los resultados a lo largo del día en un diario. Sin embargo, la mejor solución a este problema sería que en futuros estudios ambos dispositivos sean llevados exactamente el mismo tiempo, lo que se podría conseguir con sujetos extremadamente cuidadosos, o simplemente comparando el *Polar V800* con un acelerómetro que se pueda mojar, pudiendo pedir a los sujetos que no se quiten ninguno de los dos acelerómetros en toda la semana.

En segundo lugar, algunas de las variables aportadas por ambos acelerómetros, como el GE (Kcals), no fueron obtenidas de la misma forma, ya que para los individuos que usaron el GPS o la banda de frecuencia cardiaca del *Polar V800* durante las sesiones de entrenamiento fueron considerados algunos factores que afectan al GE (ejercicio estático, pendiente, llevar una carga o ciclismo), a lo que se aún suma que los dos dispositivos no utilizan las mismas fórmulas para estimar las Kcals. Esta limitación podría solventarse si los sujetos no grabaran sesiones de entrenamiento con el *Polar V800* y, por tanto, la comparación se hiciera únicamente entre los dos acelerómetros. En cuanto al uso de diferentes ecuaciones para estimar el GE, solo se podría hacer algo al respecto si se conociera la fórmula usada por *Polar*, siendo de este modo capaces de calcular las Kcals de forma similar a partir de los CPM del *ActiTrainer*.

Por otra parte, algunas variables no son exactamente las mismas, ya que la intensidad de actividades es calculada con diferentes puntos de corte, y ni siquiera en ambos acelerómetros se obtiene el mismo número de niveles de intensidad (*Polar* aporta 5 niveles: tumbado, sentado, de pie, andando y corriendo; mientras que *ActiTrainer* a partir de los puntos de corte de Freedson suministra 6: sedentario, ligero, vida diaria, moderado, vigoroso y muy vigoroso) lo que significa que algunas intensidades son difíciles de comparar. Ej. “Tumbado” y “Sentado” para el *Polar V800*, son la misma variable para el *ActiTrainer* “Sedentario”; o “Andando” según *Polar V800* podría ser “Moderado” o “Vigoroso” según los puntos de corte de Freedson (46, 57, 58) Además algunas variables como por ejemplo el tiempo tumbado según el *Polar V800*, no pudieron ser comparadas debido a problemas metodológicos (los sujetos lo llevaron puesto para dormir) o a fallos del *Polar V800* (el tiempo no usado se detecta como tiempo tumbado). Los problemas metodológicos ya han sido discutidos en los anteriores párrafos, en cuanto a la barrera de no utilizar los mismos puntos de corte, seguirá ahí hasta que sea determinada que intensidad en CPM corresponde cada nivel de AF según el *Polar V800*.

Por último, otra de las limitaciones del presente estudio es que fue comparado un acelerómetro tri-axial (*Polar V800*) con uno uni-axial (*ActiTrainer*) y, tal y como fue mencionado en la introducción, los acelerómetros uni-axiales, dado que recogen menos información, tienen una menor validez (35).

Pese a ello, sin embargo, nuestros resultados no deberían pasarse por alto puesto que la comparación ha sido realizada en referencia a un acelerómetro ampliamente utilizado en investigación y que ha mostrado su fiabilidad, validez y comparabilidad (31, 42, 47). Además, a pesar de que el criterio de inclusión (5 días válidos, de los cuales uno de ellos en fin de semana) era más severo de lo habitual (4 días válidos), el número de sujetos perdidos es similar al de otros estudios (18% vs. 17%); del mismo modo otra de las fortalezas del presente estudio es que no hubo diferencias significativas en las características de los sujetos válidos y de los que no cumplieron los criterios de inclusión. Igualmente, entre aquellos sujetos que cumplieron los criterios de inclusión, el porcentaje que no tuvo datos válidos para todos los días de medición (55%), y el tiempo medio llevando los dispositivos (14.6h) son comparables a los observados en la literatura: (27-74%) y (13-15h) respectivamente (36).

Consideramos altamente recomendable que en un futuro la validación de los resultados de AF y GE del *Polar V800* sea realizada frente a un gold estándar (calorimetría directa y/o agua doblemente marcada) a fin de obtener resultados más concluyentes.

## 7. CONCLUSIONES

Este artículo indica que el acelerómetro tri-axial del *Polar V800*, a pesar de las limitaciones del estudio, tiene una validez comparable al uso del acelerómetro como referencia estándar en la medición en la vida diaria de: “Periodos sedentarios de 1 hora” y de “Tiempo andando del *Polar V800* vs. Tiempo Vida diaria del *ActiTrainer*” en adultos jóvenes. Sin embargo, la principal aplicación práctica de este documento es la extracción de limitaciones que permitirán obtener resultados más concluyentes en futuros estudios de validación del *Polar V800*.

## 8. TABLAS

**Tabla 1. Características descriptivas de los sujetos.**

Variable	Media±DE	Rango
Edad, (años)	21.00±1.24	19-23
Peso, (kg)	64.10±7.90	52.60-79.80
Altura,	169.50±6.58	157.8-181.8.
IMC, ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	22.25±1.75	19.71-26.06

Los valores son medias±desviación estándar (DE). IMC: Índice de masa corporal

**Tabla 2. Variables comparadas entre ambos dispositivos**

Nombre de la variable	Variable <i>Polar V800</i>	Variable <i>ActiTrainer</i>
<b>Kcal del V800 vs. Kcal del ActiTrainer</b>	Kcal	Kcal
<b>Kcal MBR del V800 vs. Kcal del ActiTrainer</b>	Kcal – MBR del <i>Polar V800</i> para cada sujeto	Kcal
<b>Alertas del V800 vs. Alertas de Freedson del ActiTrainer</b>	Alertas	Alertas de Freedson
<b>Alertas del V800 vs. 10 minutos sedentario del ActiTrainer</b>	Alertas	10 minutos sedentario
<b>Alertas del V800 vs. 1 hora sedentario del ActiTrainer</b>	Alertas	1 hora sedentario
<b>Tiempo sentado</b>	Tiempo sentado	Tiempo sedentario
<b>Tiempo activo</b>	Tiempo activo	Tiempo Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso
<b>Tiempo andando del V800 vs. Tiempo Vida diaria del ActiTrainer</b>	Tiempo andando	Tiempo Vida diaria
<b>Tiempo andando del V800 vs. Tiempo Moderado del ActiTrainer</b>	Tiempo andando	Tiempo Moderado
<b>Tiempo activo no vigoroso</b>	Tiempo de pie + andando	Tiempo Ligero + Vida diaria + Moderado <i>ActiTrainer</i>
<b>Tiempo activo vigoroso</b>	Tiempo corriendo	Tiempo Vigoroso + Muy vigoroso
<b>Pasos</b>	Pasos	Pasos

**Tabla 3. Resultados del *Polar V800* y el *ActiTrainer* para la semana completa (media±DE)**

<b>Resultados <i>Polar V800</i></b>		<b>Resultados <i>ActiTrainer</i></b>		<b>P</b>	<b>r<sub>p</sub></b>	<b>P</b>
GET (Kcals)	2413.97±581.80	1456.48±731.40	GET (Kcals)	<0.001	0.483*	<0.001
GET - MBR (Kcals)	1024.73±731.40			<0.001	0.569*	<0.001
Alertas (Número)	0.61±0.88	2.05±1.84 16.33±4.34 0.66±0.84	Freedson (Número) 10' Sedentario (Número) 60' Sedentario (Número)	<0.001 <0.001 0.595	-0.019 0.235* 0.295*	0.837 0.009 0.001
Tumbado (Min)	232.45±238.36					
Sentado (Min)	525.16±134.08	570.70±117.57	Sedentario (Min)	<0.001	0.689*	<0.001
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	335.93±107.71	303.95±93.29	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	<0.001	0.876*	<0.001
De pie (Min)	251.94±83.00	174.78±53.74	Ligero (Min)			
Andando (Min)	61.78±34.78	63.80±29.49 56.61±37.97	Vida diaria (Min) Moderado (Min)	0.484 0.037	0.518* 0.726*	<0.001 <0.001
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	313.72±100.13	295.19±91.91	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	<0.001	0.847*	<0.001
		5.03±8.03 3.73±11.61	Vigoroso (Min) Muy vigoroso (Min)			
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	21.60±39.26	8.76±16.12	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	<0.001	0.337*	<0.001
Pasos	13319.40±5332.44	10832.43±4577.96	Pasos	<0.001	0.904*	<0.001

Los valores son medias±desviación estándar (DE). La P más a la izquierda corresponde al T-Test de muestras relacionadas. r<sub>p</sub>: Coeficiente de correlación de Pearson. K=P>0.05 para el T-Test. \*=P<0.05 para el coeficiente de correlación de Pearson. GET: Gasto energético total. MBR: Metabolismo basal en reposo para el *Polar V800*.

**Tabla 4. Resultados del *Polar V800* y el *ActiTrainer* para los días entre semana (media±DE)**

<b>Resultados <i>Polar V800</i></b>		<b>Resultados <i>ActiTrainer</i></b>		<b>P</b>	$r_p$	<b>P</b>
GET (Kcals)	2419.86±533.51	1423.00±625.65	GET (Kcals)	<0.001	0.337*	0.002
GET - MBR (Kcals)	1031.60±423.00			<0.001	0.428*	<0.001
Alertas (Número)	0.66±0.89	2.09±1.82 16.52±4.51 0.74±0.87	Freedson (Número) 10' Sedentario (Número) 60' Sedentario (Número)	<0.001 <0.001 0.456	0.057 0.227* 0.342*	0.606 0.036 0.001
Tumbado (Min)	223.48±230.63					
Sentado (Min)	533.55±141.99	583.34±120.90	Sedentario (Min)	<0.001	0.655*	<0.001
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	339.58±95.06	303.86±85.43	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	<0.001	0.842*	<0.001
De pie (Min)	253.27±76.59	175.59±52.69	Ligero (Min)			
Andando (Min)	63.46±33.26	63.80±27.61 55.48±32.71	Vida diaria (Min) Moderado (Min)	0.920 0.001	0.492* 0.806*	<0.001 <0.001
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	316.73±90.12	294.87±83.76	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	<0.001	0.810*	<0.001
		6.00±8.37 2.99±9.19	Vigoroso (Min) Muy vigoroso (Min)			
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	21.91±35.63	8.99±13.54	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	0.001	0.246*	0.023
Pasos	13325.22±4560.07	10930.78±4040.51	Pasos	<0.001	0.888*	<0.001

Los valores son medias±desviación estándar (DE). La P más a la izquierda corresponde al T-Test de muestras relacionadas.  $r_p$ : Coeficiente de correlación de Pearson. K=P>0.05 para el T-Test. \*=P<0.05 para el coeficiente de correlación de Pearson. GET: Gasto energético total. MBR: Metabolismo basal en reposo para el *Polar V800*.

**Tabla 5. Resultados del *Polar V800* y el *ActiTrainer* el fin de semana (media±DE)**

<b>Resultados <i>Polar V800</i></b>		<b>Resultados <i>ActiTrainer</i></b>		<b>P</b>	<b>r<sub>p</sub></b>	<b>P</b>
GET (Kcals)	2400.43±687.97	1533.41±935.92	GET (Kcals)	<0.001	0.668*	<0.001
GET - MBR (Kcals)	1008.95±587.49			<0.001	0.735*	<0.001
Alertas (Número)	0.51±0.84	1.95±1.93 15.89±3.96 0.49±0.73	Freedson (Número) 10' Sedentario (Número) 60' Sedentario (Número)	<0.001 <0.001 0.875	-0.206 0.244 0.125	0.221 0.461 0.721
Tumbado (Min)	253.05±257.35					
Sentado (Min)	505.89±113.31	541.68±105.41	Sedentario (Min)	0.007	0.758*	<0.001
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	327.57±133.45	304.16±110.54	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	0.010	0.925*	<0.001
De pie (Min)	248.89±97.22	172.92±56.78	Ligero (Min)			
Andando (Min)	57.92±38.26	63.81±33.81 59.19±48.36	Vida diaria (Min) Moderado (Min)	0.296 0.839	0.567* 0.644*	<0.001 <0.001
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	306.81±121.14	295.92±109.64	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	0.219	0.899*	<0.001
		2.81±6.81 5.43±15.87	Vigoroso (Min) Muy vigoroso (Min)			
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	20.89±47.10	8.24±21.09	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	0.077	0.442*	0.006
Pasos	13305.87±6889.51	10604.00±5704.53	Pasos	<0.001	0.924*	<0.001

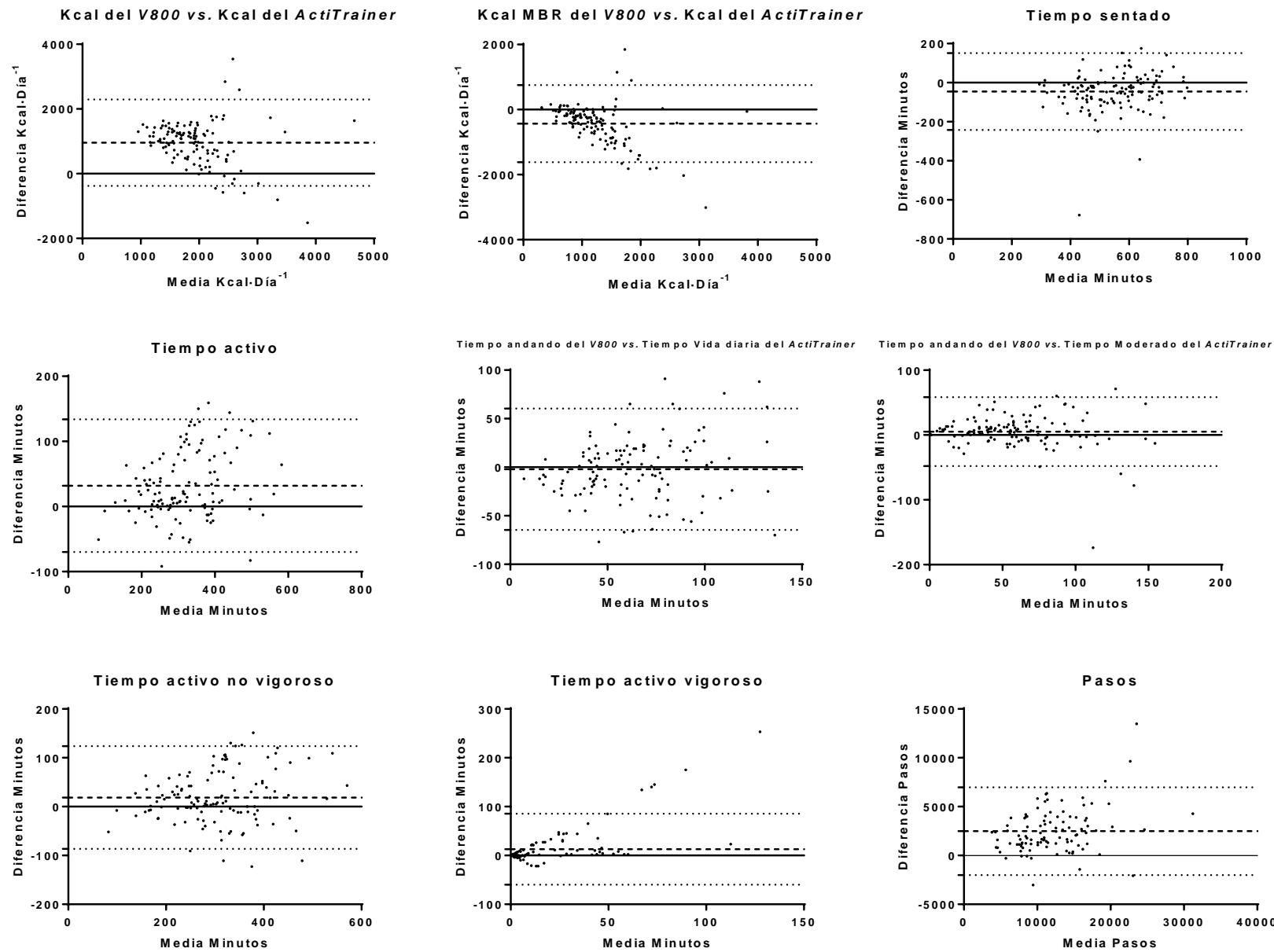
Los valores son medias±desviación estándar (DE). La P más a la izquierda corresponde al T-Test de muestras relacionadas. r<sub>p</sub>: Coeficiente de correlación de Pearson. K=P>0.05 para el T-Test. \*=P<0.05 para el coeficiente de correlación de Pearson. GET: Gasto energético total. MBR: Metabolismo basal en reposo para el *Polar V800*.

**Tabla 6. Resultados de Bland-Altman para la semana completa**

Resultados Polar V800	Resultados ActiTrainer	BIAS	SD de las BIAS	LOA	$r_p$	P
GET (Kcals)	GET (Kcals)	957.5	679.9	-375.2 to 2290	-0.015	0.868
GET - MBR (Kcals)		-431.8	604.4	-1616 to 752.8	0.627*	<0.001
Sentado (Min)	Sedentario (Min)	-45.5	100.4	-242.3 to 151.2	-0.046	0.616
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	32.0	52.0	-69.8 to 133.8	0.323*	<0.001
Andando (Min)	Vida diaria (Min) Moderado (Min)	-2.0 <sup>b</sup> 5.2	31.9 27.1	-64.0 to 60.4 -47.9 to 58.3	0.375* 0.358*	<0.001
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	18.5	53.7	-86.6 to 123.7	0.339*	<0.001
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	12.8	37.1	-59.8 to 85.1	0.735*	<0.001
Pasos	Pasos	2487	2293	-6982 to 2008	0.395*	<0.001

BIAS: está expresado como media. LOA: Límites de acuerdo al 95%.  $r_p$ : Coeficiente de correlación de Pearson. <sup>b</sup>= $P>0.05$  para el T-test de muestras relacionadas. \*= $P<0.05$  para el coeficiente de correlación de Pearson.

**Figura 1. Resultados de Bland-Altman para la semana completa**

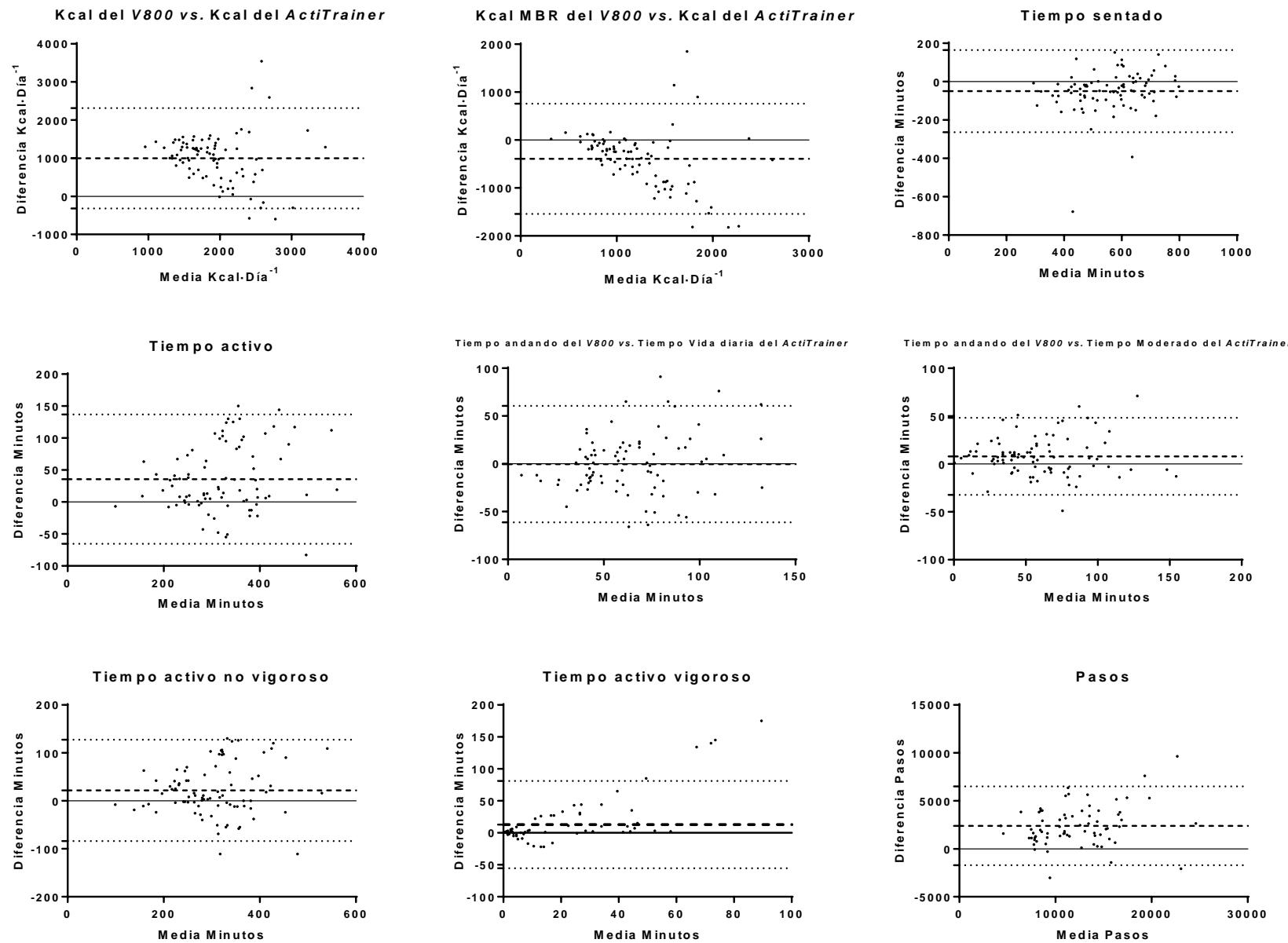


**Tabla 7. Resultados de Bland-Altman para los días entre semana**

Resultados Polar V800	Resultados ActiTrainer	BIAS	SD de las BIAS	LOA	$r_p$	P
GET (Kcals)	GET (Kcals)	996.9	671.6	-319.5 to 2313	-0.065	0.553
GET - MBR (Kcals)		-391.4	586.5	-1541 to 758.2	0.672*	<0.001
Sentado (Min)	Sedentario (Min)	-49.8	109.3	-264.1 to 164.5	-0.104	0.314
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	35.7	51.6	-65.4 to 136.8	0.323*	0.003
Andando (Min)	Vida diaria (Min)	-0.3 <sup>β</sup>	31.1	-61.2 to 60.5	0.342*	0.001
	Moderado (Min)	8.0	20.5	-32.3 to 48.2	0.235*	0.030
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	21.9	53.9	-83.8 to 127.5	0.361*	0.001
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	12.9	34.9	-55.4 to 81.2	0.764*	<0.001
Pasos	Pasos	2394	2097	-6505 to 1716	0.356*	0.002

BIAS: está expresado como media. LOA: Límites de acuerdo al 95%.  $r_p$ : Coeficiente de correlación de Pearson. <sup>β</sup>= $P>0.05$  para el T-test de muestras relacionadas. \*= $P<0.05$  para el coeficiente de correlación de Pearson.

**Figura 2. Resultados de Bland-Altman para los días entre semana**

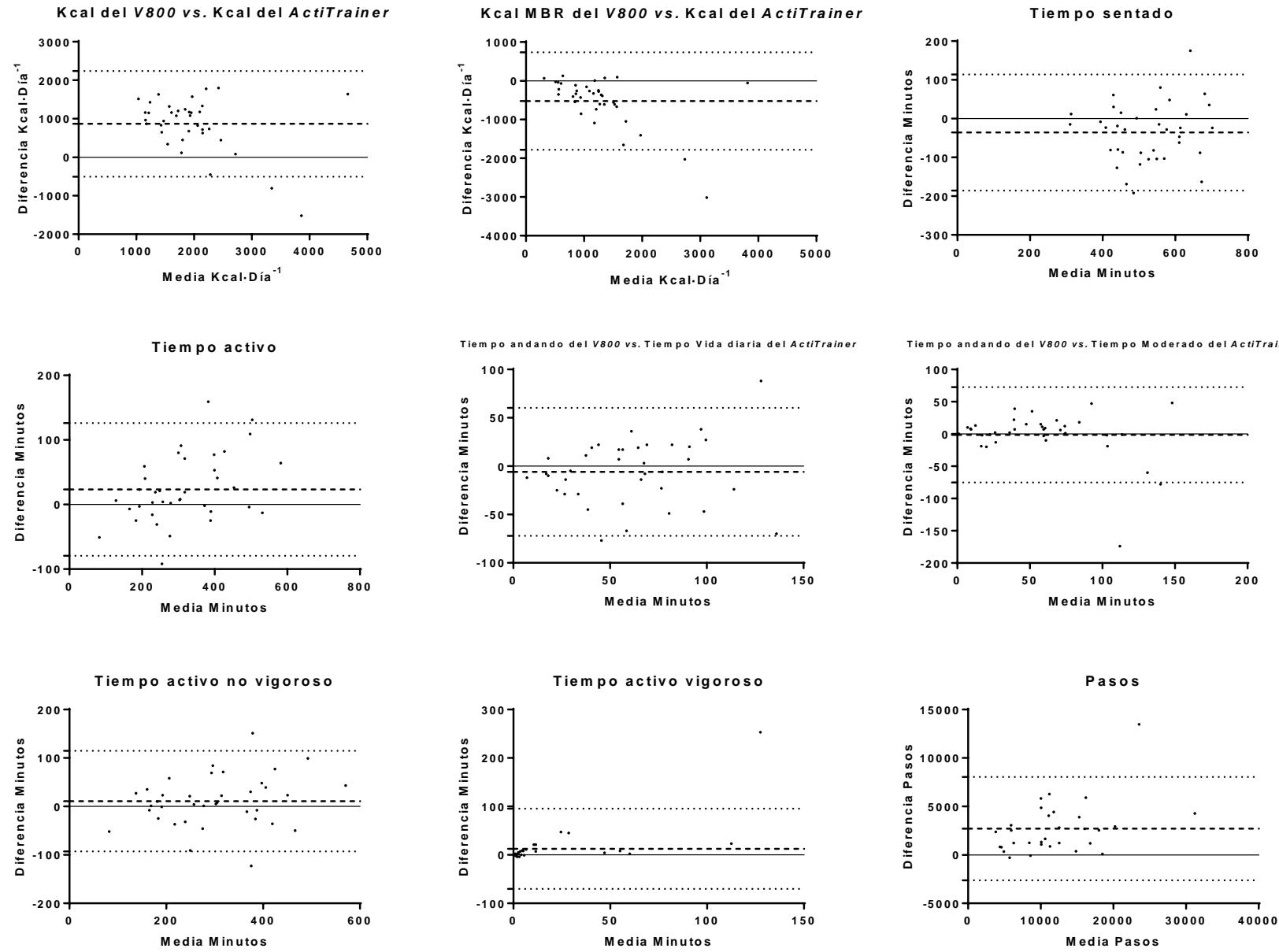


**Tabla 8. Resultados de Bland-Altman para el fin de semana**

Resultados Polar V800	Resultados ActiTrainer	BIAS	SD de las BIAS	LOA	$r_p$	P
GET (Kcals)	GET (Kcals)	867.0	699.6	-504.2 to 2238	0.084	0.620
GET - MBR (Kcals)		-524.5	642.1	-1783 to 734.1	0.582*	<0.001
Sentado (Min)	Sedentario (Min)	-35.8	76.4	-185.6 to 114.0	0.169	0.316
Tiempo activo (Min) <i>(De pie + Andando + Corriendo)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado + Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	23.4	52.4	-79.3 to 126.2	0.336*	0.042
Andando (Min)	Vida diaria (Min) Moderado (Min)	-5.9 <sup>β</sup> -1.3 <sup>β</sup>	33.8 37.7	-72.1 to 60.3 -75.1 to 72.6	0.444* 0.495*	0.006 0.002
Tiempo activo no vigoroso (Min) <i>(De pie + Andando)</i>	(Ligero + Vida diaria + Moderado)(Min)	10.9 <sup>β</sup>	53.0	-92.9 to 114.7	0.313	0.059
Tiempo activo vigoroso (Min) <i>(Corriendo)</i>	(Vigoroso + Muy vigoroso) (Min)	12.6 <sup>β</sup>	42.3	-70.2 to 95.5	0.701*	<0.001
Pasos	Pasos	2702	2720	-2630 to 8034	0.440*	0.013

BIAS: está expresado como media. LOA: Límites de acuerdo al 95%.  $r_p$ : Coeficiente de correlación de Pearson. <sup>β</sup>= $P>0.05$  para el T-test de muestras relacionadas. \*= $P<0.05$  para el coeficiente de correlación de Pearson.

**Figura 3. Resultados de Bland-Altman para el fin de semana**



## 9. CONFLICTOS DE INTERESES

No hay relaciones personales o financieras con otras personas u organizaciones que puedan representar potenciales conflictos de intereses en relación a los autores o a sus respectivas instituciones.

## 10. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer la colaboración de todos los sujetos que participaron voluntariamente en el estudio.

También quiero agradecer su apoyo a todos los compañeros y profesores del Master en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud, así como a los compañeros de la Universidad de Gante, en particular a Katrien de Cocker.

Finalmente, deseo agradecer especialmente a mis directores Dra. Nuria Garatachea Vallejo y Dr. Alejandro Santos Lozano su continuo respaldo y supervisión durante todo el proceso de realización.

## 11. REFERENCIAS

1. St-Onge MP, Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*. 2010;26(2):152-5.
2. McMurray RG, Soares J, Caspersen CJ, McCurdy T. Examining variations of resting metabolic rate of adults: a public health perspective. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(7):1352-8.
3. Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Ejercicio físico y salud en poblaciones especiales. Exernet. Madrid: Consejo Superior de Deportes; 2011.
4. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*. 2005;12(2):102-14.
5. Morris JN, Heady JA, Raffle PA, Roberts CG, Parks JW. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*. 1953;265(6795):1053-7; contd.
6. Physical Activity Guidelines Advisory Committee report, 2008. To the Secretary of Health and Human Services. Part A: executive summary. *Nutrition reviews*. 2009;67(2):114-20.
7. Wegner M, Helmich I, Machado S, Nardi AE, Arias-Carrion O, Budde H. Effects of exercise on anxiety and depression disorders: review of meta- analyses and neurobiological mechanisms. *CNS & neurological disorders drug targets*. 2014;13(6):1002-14.
8. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(7):1334-59.
9. American College of Sports M, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(7):1510-30.
10. Blair SN. Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British journal of sports medicine*. 2009;43(1):1-2.
11. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-29.
12. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007;39(8):1423-34.
13. Moore SC, Patel AV, Matthews CE, Berrington de Gonzalez A, Park Y, Katki HA, et al. Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis. *PLoS medicine*. 2012;9(11):e1001335.
14. Garatachea N, Santos-Lozano A, Sanchis-Gomar F, Fiuza-Luces C, Pareja-Galeano H, Emanuele E, et al. Elite athletes live longer than the general population: a meta-analysis. *Mayo Clinic proceedings*. 2014;89(9):1195-200.
15. Kemmler W, Scharf M, Lell M, Petrasek C, von Stengel S. High versus moderate intensity running exercise to impact cardiometabolic risk factors: the randomized controlled RUSH-study. *BioMed research international*. 2014;2014:843095.
16. Swain DP, Franklin BA. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *The American journal of cardiology*. 2006;97(1):141-7.

17. Kemmler W, Lell M, Scharf M, Fraunberger L, von Stengel S. [High versus moderate intense running exercise - effects on cardiometabolic risk-factors in untrained males]. Deutsche medizinische Wochenschrift. 2015;140(1):e7-e13.
18. Wilkin LD, Cheryl A, Haddock BL. Energy expenditure comparison between walking and running in average fitness individuals. Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association. 2012;26(4):1039-44.
19. Besson H, Ekelund U, Brage S, Luben R, Bingham S, Khaw KT, et al. Relationship between subdomains of total physical activity and mortality. Medicine and science in sports and exercise. 2008;40(11):1909-15.
20. Murphy MH, Blair SN, Murtagh EM. Accumulated versus continuous exercise for health benefit: a review of empirical studies. Sports medicine. 2009;39(1):29-43.
21. Lee IM, Sesso HD, Paffenbarger RS, Jr. Physical activity and coronary heart disease risk in men: does the duration of exercise episodes predict risk? Circulation. 2000;102(9):981-6.
22. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. Exercise and sport sciences reviews. 2010;38(3):105-13.
23. Brocklebank LA, Falconer CL, Page AS, Perry R, Cooper AR. Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: A systematic review. Preventive medicine. 2015;76:92-102.
24. Biswas A, Oh PI, Faulkner GE, Bajaj RR, Silver MA, Mitchell MS, et al. Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. Annals of internal medicine. 2015;162(2):123-32.
25. Aparicio-Ugarriza R, Mielgo-Ayuso J, Benito PJ, Pedrero-Chamizo R, Ara I, Gonzalez-Gross M, et al. Physical activity assessment in the general population; instrumental methods and new technologies. Nutr Hosp. 2015;31 Suppl 3:219-26.
26. Ainsworth B, Cahalin L, Buman M, Ross R. The current state of physical activity assessment tools. Progress in cardiovascular diseases. 2015;57(4):387-95.
27. Hills AP, Mokhtar N, Byrne NM. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. Frontiers in nutrition. 2014;1:5.
28. Chen KY, Bassett DR, Jr. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. Medicine and science in sports and exercise. 2005;37(11 Suppl):S490-500.
29. de Brito André S, Varum H. Accelerometers: Principles, Structure and Applications: Nova Science Publishers, Incorporated; 2013.
30. Saunders JB, Inman VT, Eberhart HD. The major determinants in normal and pathological gait. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1953;35-A(3):543-58.
31. Lee KY, Macfarlane DJ, Cerin E. Comparison of three models of actigraph accelerometers during free living and controlled laboratory conditions. European journal of sport science. 2013;13(3):332-9.
32. Sirard JR, Forsyth A, Oakes JM, Schmitz KH. Accelerometer test-retest reliability by data processing algorithms: results from the Twin Cities Walking Study. J Phys Act Health. 2011;8(5):668-74.
33. Helmerhorst HJ, Brage S, Warren J, Besson H, Ekelund U. A systematic review of reliability and objective criterion-related validity of physical activity questionnaires. The international journal of behavioral nutrition and physical activity. 2012;9:103.
34. Plasqui G, Bonomi AG, Westerterp KR. Daily physical activity assessment with accelerometers: new insights and validation studies. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2013;14(6):451-62.
35. Van Remoortel H, Giavedoni S, Raste Y, Burtin C, Louvaris Z, Gimeno-Santos E, et al. Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review. The international journal of behavioral nutrition and physical activity. 2012;9:84.
36. Pedisic Z, Bauman A. Accelerometer-based measures in physical activity surveillance: current practices and issues. British journal of sports medicine. 2015;49(4):219-23.

37. Laukkanen RM, Virtanen PK. Heart rate monitors: state of the art. *Journal of sports sciences*. 1998;16 Suppl:S3-7.
38. World Medical A. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*. 2013;310(20):2191-4.
39. Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(11 Suppl):S531-43.
40. Ojiambo R, Konstabel K, Veidebaum T, Reilly J, Verbestel V, Huybrechts I, et al. Validity of hip-mounted uniaxial accelerometry with heart-rate monitoring vs. triaxial accelerometry in the assessment of free-living energy expenditure in young children: the IDEFICS Validation Study. *Journal of applied physiology*. 2012;113(10):1530-6.
41. Choi L, Liu Z, Matthews CE, Buchowski MS. Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(2):357-64.
42. Cain KL, Geremia CM. Accelerometer data collection and scoring manual. Accessed Dec. 2011.
43. Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, et al. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(11 Suppl):S544-54.
44. Esliger DW, Copeland JL, Barnes JD, Tremblay MS. Standardizing and optimizing the use of accelerometer data for free-living physical activity monitoring. *J Phys Act Health*. 2005;3:366-83.
45. Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, Buchowski MS, Beech BM, Pate RR, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004. *American journal of epidemiology*. 2008;167(7):875-81.
46. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30(5):777-81.
47. Kerr J, Sallis JF, Owen N, De Bourdeaudhuij I, Cerin E, Sugiyama T, et al. Advancing science and policy through a coordinated international study of physical activity and built environments: IPEN adult methods. *J Phys Act Health*. 2013;10(4):581-601.
48. Engineering/Marketing A. ActiLife Users Manual. Pensacola, FL: ActiGraph; 2012.
49. Polar Electro [Internet]. June 2015. *Polar* [cited 2015 August 2]. Aviable from: [http://www.polar.com/e\\_manuals/V800/Polar\\_V800\\_user\\_manual\\_English/manual.pdf](http://www.polar.com/e_manuals/V800/Polar_V800_user_manual_English/manual.pdf)
50. Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi medical journal : the journal of Medical Association of Malawi*. 2012;24(3):69-71.
51. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.
52. Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, Clemes SA, De Cocker K, Giles-Corti B, et al. How many steps/day are enough? For adults. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*. 2011;8:79.
53. Zweig MH, Campbell G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical chemistry*. 1993;39(4):561-77.
54. Freedson PS, John D. Comment on "estimating activity and sedentary behavior from an accelerometer on the hip and wrist". *Medicine and science in sports and exercise*. 2013;45(5):962-3.
55. Bai Y, Welk GJ, Nam YH, Lee JA, Lee JM, Kim Y, et al. Comparison of Consumer and Research Monitors under Semistructured Settings. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015.
56. Dempsey PC, Owen N, Biddle SJ, Dunstan DW. Managing sedentary behavior to reduce the risk of diabetes and cardiovascular disease. *Current diabetes reports*. 2014;14(9):522.

57. Kozey SL, Lyden K, Howe CA, Staudenmayer JW, Freedson PS. Accelerometer output and MET values of common physical activities. *Medicine and science in sports and exercise.* 2010;42(9):1776-84.
58. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Jr., Tudor-Locke C, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and science in sports and exercise.* 2011;43(8):1575-81.
59. Ferguson T, Rowlands AV, Olds T, Maher C. The validity of consumer-level, activity monitors in healthy adults worn in free-living conditions: a cross-sectional study. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity.* 2015;12:42.
60. Neuls F. Validity and reliability of "step count" function of the ActiTrainer activity monitor under controlled conditions. *Acta Gymnica.* 2009;38(2):55-64.